한국 전통 가옥 내부 기류 전산 해석

Numerical Analysis of Air Flows inside Korean Traditional House

김재원*, 안은영**
선문대학교*, 한밭대학교**

Jae Won Kim*, Eun Young Ahn**
Sunmoon Univ.*, Hanbat National Univ.**

요약

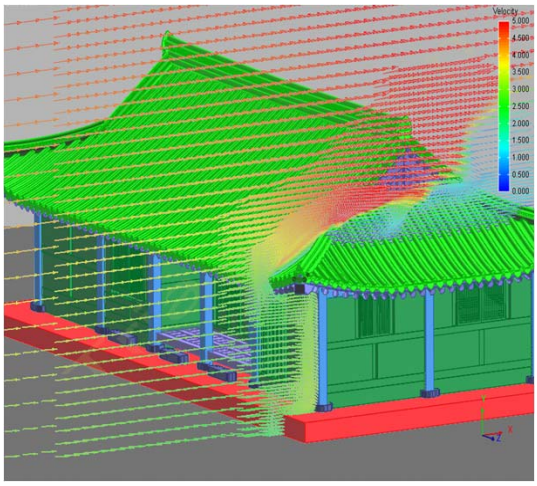
본 연구는 한국전통건축 중 한옥을 중심으로 건축설계물 내부의 기류현상을 분석하여 전통건축의 설계에 있어서 에너지 효율을 높이기 위한 방안을 과학적으로 검증하고자 하는 것이다. 이를 위해서 전통 건축물의 주요부재에 관한 열역학적 물성치를 대표 값으로 설정하고 물성치의 변화를 실험 결과를 활용하여 보정하여 한옥 내부의 유동장과 온도분포 예측하여 그 결과를 제시한다. 이를 통해 건축 부재의 열역학적 특성이 현대의 다양한 기능재료에 비해 열악할지라도 이를 부재간의 배치와 조합을 통해 소정의 에너지 효율을 달성한 사례를 규명할 것이다.

1. 서론

최근 들어 전통건축에 대한 관심이 높아지면서 전통건축을 현대건축에 접목시키는 시도는 물론, 한옥의 공간적 재해석을 통해 새로운 문화공간으로 탄생시키는 여러 방면의 노력이 이루어지고 있다. 또한 최근의 설계도구들은 설계 후에 공정, 부재 관리, 설계오류의 보정 등 설계 자료를 바탕으로 여러 가지 유용한 정보를 제공하는 BIM(Building Information Modeling)방식을 채택하는 경우가 늘어나고 있다. 이에 본 연구는 전통건축에 대한 설계를 바탕으로 한옥의 내부 기류의 분포 및 온도 분포를 전산 예측하였다. 전산 해석은 한옥의 외부형상에 대한 외부 기류분포를 전산 모사하여 한옥 내부의 입구 조건으로 취하였으며 이를 바탕으로 건축물 내부의 형태별, 계절별로 실내 기류 및 온도 특성을 획득할 수 있었다. 전산해석을 통해 도출된 온도 분포 및 내부 기류의 분포는 열효율의 측면에 있어서나 건축물 내부 온도의 달성 등에 있어서 건축물 고유의 기능을 발휘하는 것으로 확인 되었다.

전산해석은 대형 구조물의 해석에 적합한 Meshless 방법인 Lattices Boltzmann Method의 전산 유체역학 기법을 활용하여 건축물 외부의 기류 해석을 수행하였고, 여기서 획득된 결과를 바탕으로 내부 유동장의 속도와 온도를 결정할 수 있었다. 계산의 경제성을 위해 건축물 외벽, 기와 등의 내부 공기 접촉 영역에는 고차항의 보간법을 활용하여 해의 정도를 확보하였으며 건축물 내부의 유동 및 온도해석을 위해서는 상용 프로그램인 FLUENT를 활용하였다. 그림 1은 건축물의 외기 흐름을 계절별로 획득하여 표시한 기류 분포의 모습으로 한옥의 기류분석을 위해 사용된 2평주 5량의 전형적인 한옥구조를 모델링한 것이다.

본 과제의 주요 결과인 실내 온도 및 속도 분포 등은 현대적 건축 부재의 채용 없이 전통적 건축 부재의 조화로운 배치 및 부재 간의 조합을 통해 소기의 열 공학적 설계를 충실히 수행한 전통 건축물의 장점을 규명하는데 있다.



▶▶ 그림 1. 한옥 외부의 기류 분포

2. 기류 및 온도 분포 분석

2.1 한옥 모델링

문화 콘텐츠 분야는 문화 기반 산업의 발전과 그 융합의 영역 확장 등에 있어서 매우 중요한 분야이다[1]. 그러한 만큼 그 분야 또한 다양하며 우리의 삶과 다양하게 연결되어 우리를 지탱하는 요소로 등장하고 있다[2]. 일반적으로 한옥의 건축도면 제작 전용 CAD프로그램은 그래픽 처리의 신속성과 메모리의 경제적 활용 등의 요구에 의해 표면모델링(surface modeling)을 기본으로 작성되고 있다. 따라서 기 작성된 한옥 도면으로부터 전산 해석을 통해 공학적 결과를 도출하기 위해서는 건축 요소 전체를 3차원 솔리드 정보로 변환하는 과정이 필요하며 이 과정에서 각 부재에 대한 열 전도 계수, 열 용량, 비열 등의 물성치를 부여한다. 그러나 기계공학 및 건축 공학 기준의 현대적 물성치 자료에서는 한옥의 건축 부재에 일치하는 공학적 물성치를 결정하기가 매우 제한적이다. 이와 같은 상황에서 한옥 구조물에 담긴 공학적 요소를 확인할 수 있는 방법은 한옥 구조물의 부재에 대한 물성치를 현대의 건축 부재와 유사한 재료로 대치하여 해당 물성치를 사용하여 기준 자료를 구축하는 작업이 필요하다. 아울러 한옥 건축물의 대부분을 차지하는 황토 진흙, 볏짚, 돌의 복합체는 열전도 시험기, 열 풍동을 활용하여 실측 후 전산 해석의 물성치로 활용하였다. 각 부재에 사용된 물성치는 열전도 계수, 열전달 계수, 두께 등이며, 천정과 기와사이의 공간에 대한 온도 저항값도 계절별로 산출하였다. 본 과제의 수행에 사용된 주요 부재의 물성치는 표1과 같다. 각 물성치는 상온 기준에서 확정되었으며 온도에 따른 물성치의 온도에 따른 변화는 Boussinesq 근사식을 활용하여 보정되어 사용하였다.

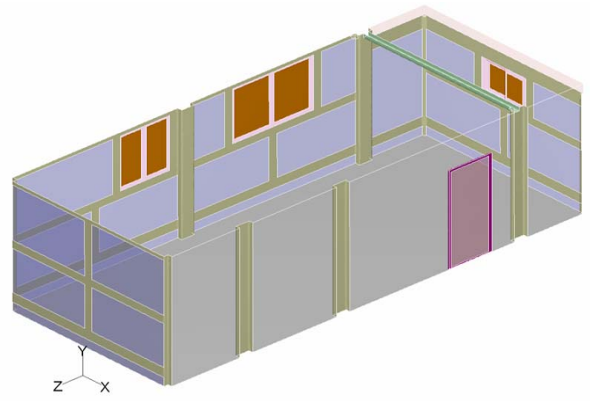
표 1. 주요 부재의 열전도 계수

	열전도계수 (W/m-K)
벽체	0.5
문	0.17
구들	2.9
기둥	0.173

구체적으로 창호를 구성하는 한지만의 열전도 계수는 현대적 건축 부재의 기준에서 종이로 간주되어 일정 물성치를 부여하나 본 연구에서는 한지와 창호 격자 사이의 와류 유동 역시 고려하여 한옥의 건출 구조물의 기술적 결함을 슬기로운 구조 고안으로 해소하였음을 확인할 수 있었다.

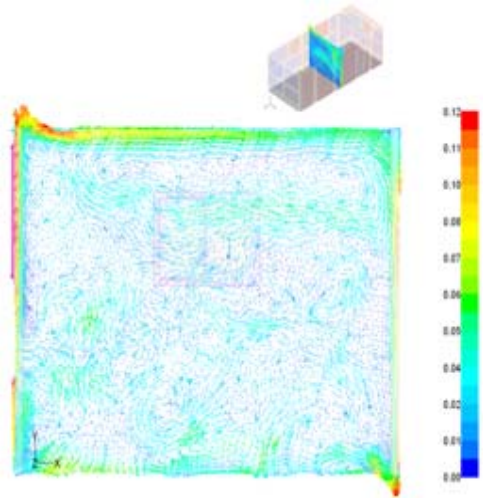
2.2 전산 해석

외기 조건의 확보를 바탕으로 계절별 실내 기류 해석을 수행하였다. 전산해석은 한옥 내부의 자연대류 및 온도분포 해석을 위하여 사용된 모델링을 바탕으로 수행되었다. 한옥 외부로 노출된 창문 및 외벽면에 대해 혹서기와 혹한기 조건에 따른 외부 대류 열전달 경계조건을 적용하여, 한옥 외부에서 내부로 전달되는 열전달 현상을 고려하였다. 실내의 대청과 연결되어 있는 내벽 부분과 방문 및 천정부분에 대해서도 혹서기 및 혹한기의 외부온도 조건 45℃, -20℃ 에 대한 대류 열전달 경계조건을 적용하여 열전달을 고려하였다. 또한 방안의 온돌 부분에 대하여도 열전달 효과를 가정하여 경계조건 (윗목과 아랫목으로 구분 후 등온 조건부여)을 적용하였다. 아울러 창, 방문 틈새나 창호지를 통한 통풍 효과는 없는 것으로 고려하였다.



▶▶ 그림 2. Solid 모델링된 한옥 내부의 주요 구성

3. 결과 및 고찰



▶▶ 그림 3. 혹서기 실내 공간 내부의 기류분포

에너지 방정식과 운동량 방정식이 결합된 지배 방정식을 수치 적분하여 속도와 온도 분포를 확보 하였다. 그림 3은 한옥 내부의 자연대류에 의한 기류분포를 나타내고 있다. 내부의 기류는 옥외 와 접하고 있는 외벽면과 창문을 통하여, 외부에서 내부로 열전달 효과가 발생되고 있으며, 실내 기류는 공기의 밀도차이에 의한 자연대류 효과가 나타나며, 최대 속도는 천정 부근에서 최대 0.12 m/s, 방안 전체의 공간에서는 불과 0.04m 정도의 기류 분포를 나타내어 비교적 자연대류 효과는 크지 않은 것으로 보인다. 혹서기와 혹한기에 대한 한옥 구조물의 외부/내부 유동해석을 통해 혹서기, 혹한기 등 모두에 계절에 관계없이 유사한 기류와 온도 분포를 얻을 수 있어 인간 생활의 생활공간으로서 한옥의 기능적 역할이 충실히 확보되었다고 판단되며 그와 같은 공학적 우수성은 문화를 뒷받침하는 콘텐츠로서 연구되고 보호될 가치가 충분하다고 판단된다.

▌참 고 문 헌▐

[1] Hanamann, R. J. “Microelectronic Device Thermal Resistance: A Format for standardization," Heat Transfer in Electronic Equipment(ASME HTD-20),” pp. 39-48, 1981.

[2] Oktay, S., Hannemann, R., Bar-Cohen, A., “High Heat from a Small Package,” Mechanical Engineering, Vol. 108, pp. 36-42

[3] Kraus, A. D. and Bar-Cohen, A., Thermal Analysis and Control of Electronic Equipment, pp. 302, McGraw Hill, New York, 1983.